



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 62 689 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 R 16/02**  
G 01 P 9/00

⑰ Aktenzeichen: 101 62 689.4  
⑱ Anmeldetag: 19. 12. 2001  
④③ Offenlegungstag: 18. 7. 2002

**DE 101 62 689 A 1**

⑥⑥ Innere Priorität:  
101 01 506. 2 12. 01. 2001  
⑦① Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Benzinger, Matthias, Dipl.-Ing., 71277 Rutesheim,  
DE; Freitag, Rainer, Dipl.-Ing., 73277 Owen, DE;  
Huber, Wilfried, Dipl.-Ing., 75395 Ostelsheim, DE;  
Wimmer, Markus, Dipl.-Ing. (FH), 73272 Neidlingen,  
DE; Wolpert, Reinhold, Dipl.-Ing. (FH), 73035  
Göppingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln

⑤⑦ Die erfindungsgemäße Vorrichtung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wobei es sich um wenigstens ein erstes und ein zweites Sensormittel handelt, die zusammen eine erste Sensorgruppe bilden, und mit denen jeweils Messwerte für eine erste physikalische Größe ermittelt werden. Die Vorrichtung weist Bereitstellungsmittel auf, mit denen die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte aufbereitet und wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln zugeführt werden. In den wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln wird zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, jeweils ein Vergleich durchgeführt, bei dem die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen werden. Zur Erhöhung der Sicherheit bei der Überwachung der Sensormittel handelt es sich um wenigstens zwei redundante Bereitstellungsmittel, von denen jeweils eines einem der Auswertemittel zugeordnet ist.

**DE 101 62 689 A 1**

**BEST AVAILABLE COPY**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln. Solche Vorrichtungen sind aus dem Stand der Technik in vielerlei Modifikationen bekannt.

5 [0002] So ist aus der DE 199 36 439 A1 eine Sensoranordnung mit einer Überwachungseinrichtung bekannt. Die Sensoranordnung weist mindestens zwei redundante Sensoren zur Erfassung einer Prozessführungs- oder Prozessmessgröße auf. Die mit den Sensoren erfassten Größen werden einem Subtrahierer zugeführt, der aus den beiden Sensorsignalen eine Differenz bildet. Außerdem werden die beiden Sensorausgangssignale jeweils differenziert. Die differenzierten Signale werden einem zweiten Subtrahierer zugeführt, der eine zweite Differenz bildet. Die beiden Differenzen werden einer Auswerteeinrichtung zugeführt, in der sie jeweils mit einem vorbestimmbaren Schwellenwert verglichen werden. Dabei wird eine Fehlermeldung erzeugt, wenn mindestens eine der Differenzen den betreffenden Schwellenwert übersteigt. Nachteilig an dieser Überwachungseinrichtung ist, dass lediglich die Sensoren, jedoch weder die Bereitstellungsmittel noch die Auswertemittel redundant vorhanden sind.

[0003] Aus der DE 198 41 335 A1 ist eine Vorrichtung zur Steuerung oder Regelung der Bremsanlage eines Fahrzeuges bekannt. Bei dieser Bremsanlage, die nach dem Brake-by-Wire-Prinzip arbeitet, ist eine schnelle und fehlersichere Erfassung des Bremswunsches des Fahrers erforderlich. Um dies zu erreichen, sind mindestens zwei Messeinrichtungen zur Ermittlung des Bremswunsches vorgesehen. Mit diesen Messeinrichtungen wird dieselbe die Bremspedalbetätigung charakterisierende Größe erfasst. Diese BremswunschsSignale werden zwecks Überwachung mit einem Signal einer dritten Messeinrichtung verglichen. Die Vorrichtung schlägt vor, die Auswerteeinheit redundant auszulegen. Die Einheit, in der die Messdaten aufbereitet werden, ist jedoch nicht redundant ausgelegt.

20 [0004] Mit den aus dem Stand der Technik bekannten Sensorüberwachungen, die zum einen auf einer redundanten Auslegung der Sensorik und zum anderen auf einer gleichzeitig redundanten Auslegung der Sensorik und der Auswerteeinheit beruhen, wird schon eine gute Zuverlässigkeit erreicht, was die Erkennung von Sensorfehlern angeht. Allerdings werden zukünftig in Fahrzeugen Vorrichtungen zur Regelung von die Fahrzeugbewegung beschreibenden Größen eingesetzt, die eine noch höhere Zuverlässigkeit bei der Erkennung von Sensorfehlern fordern, als es die aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen zur Überwachung von Sensoren zu leisten vermögen. Höhere Zuverlässigkeit bedeutet in diesem Zusammenhang, kleine Fehler sofort zu erkennen. D. h. bei der Überwachung sind kleine Schwellen zu verwenden und es steht nur eine kurze Zeit zur Verfügung, innerhalb der ein Sensorfehler erkannt sein muss. Gleichzeitig wird gefordert, alle denkbaren Einzelfehler, die an einem Sensor auftreten können, durch die Sensorüberwachung abzudecken. Entsprechende Anforderungen und sich daraus ergebende Maßnahmen sind auch für die Auswerteeinheiten und/oder die Aufbereitungseinheiten bzw. Bereitstellungsmittel und/oder weitere relevante Komponenten zu fordern und auch zu erfüllen.

[0005] Bei den zukünftig in Fahrzeugen eingesetzten Vorrichtungen zur Regelung von die Fahrzeugbewegung beschreibenden Größen handelt es sich beispielsweise um ein steer-by-wire-System oder um ein drive-by-wire-System oder um ein brake-by-wire-System. All diesen Systemen liegt folgendes Prinzip zugrunde, welches anhand eines steer-by-wire-Systems erklärt wird: Das System weist wenigstens ein durch den Fahrer betätigbares Vorgabemittel auf.

[0006] Bei einem steer-by-wire-System handelt es sich hierbei um ein Lenkrad oder um einen entsprechend konfigurierten Joystick. Durch die Betätigung des Vorgabemittels wird die Fahrzeugbewegung und somit eine die Fahrzeugbewegung beschreibende Größe, im vorliegenden Fall der an den lenkbaren Rädern einstellbare Lenkwinkel, beeinflusst. Um den Fahrerwunsch erkennen zu können, wird eine Betätigungsgröße ermittelt, die der vom Fahrer vorgenommenen Betätigung des Vorgabemittels direkt entspricht. Im betrachteten Fall wird beispielsweise der vom Fahrer durch Betätigung des Lenkrades eingestellte Lenkradwinkel ermittelt. Die Betätigungsgröße wird einem Reglermittel zugeführt. Ferner wird dem Reglermittel der Istwert der durch die Betätigung des Vorgabemittels beeinflussten, die Fahrzeugbewegung beschreibenden Größe zugeführt. In Abhängigkeit eines Vergleichs der Betätigungsgröße mit dem Istwert werden Aktuatormittel, im betrachteten Fall den Vorderrädern zugeordnete Lenksteller, dergestalt angesteuert, dass sich der Istwert entsprechend der Betätigungsgröße und somit die Fahrzeugbewegung entsprechend der Betätigung des Vorgabemittels einstellt. Demzufolge wird bei einem steer-by-wire-System der Lenkwinkel an den Vorderrädern nicht mehr über eine mechanische Verbindung, die das Lenkrad mit dem Lenkgestänge der Vorderräder verbindet, sondern mit Hilfe von Ansteuersignalen, die im Reglermittel erzeugt und den Lenkstellern zugeführt werden, eingestellt.

50 [0007] Die vorstehenden Ausführungen machen Folgendes deutlich: Bei den zukünftigen Vorrichtungen sind sehr hohe Anforderungen an die Sensorik und somit auch an die Überwachung der Sensorik zu stellen. So muss beispielsweise ein Fehler, der an dem Sensor auftritt, mit dem die Betätigungsgröße ermittelt wird, zuverlässig erkannt werden. Kann dies nicht geleistet werden, dann besteht die Gefahr, dass das Fahrzeug aufgrund eines Sensorfehlers vom Sollkurs, den der Fahrer durch Betätigung des Vorgabemittels, im vorstehenden Beispiel des Lenkrades, vorgibt, abkommt. D. h. die Sensorik muss mit noch kleineren Toleranzen bzw. Schwellen auf Fehler überwacht werden, als dies gemäß dem Stand der Technik bereits getan wird, um ein Abweichen des Fahrzeuges von dem vom Fahrer vorgegebenen Kurs aufgrund eines Sensorfehlers zu vermeiden. D. h. es müssen Sensorfehler erkannt werden, die nur kleinen Abweichungen zwischen dem mit dem Sensor erfassten Signal und dem tatsächlich vorliegenden Wert der physikalischen Größe entsprechen. Dadurch wird die eingangs erwähnte geforderte höhere Zuverlässigkeit erreicht.

60 [0008] Wie bereits oben ausgeführt, schlägt der Stand der Technik zum einen eine redundante Auslegung der Sensorik und zum anderen sowohl eine redundante Auslegung der Sensorik als auch eine redundante Auslegung der Auswerteeinheit vor. Die Berücksichtigung weiterer Redundanz ist nicht vorgesehen. Mit diesen Maßnahmen allein kann jedoch die geforderte Zuverlässigkeit bei der Überwachung der Sensoren nicht geleistet werden.

[0009] Vor diesem Hintergrund ergibt sich folgende Aufgabe für den Fachmann: Es sollen bestehende Vorrichtungen zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln dahingehend verbessert werden, dass die Zuverlässigkeit bei der Erkennung von Sensorfehlern weiter gesteigert wird und somit eine Überwachung der Sensormittel mit sehr kleinen Toleranzen bzw. Schwellen möglich ist.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1, 24, 25 oder 27 gelöst.

[0011] An dieser Stelle sei bemerkt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung sowohl für Sensoren, mit denen eine zu regelnde Größe erfasst wird, als auch für Sensoren, mit denen Größen erfasst werden, die einer Regelung als Eingangsgrößen zugeführt werden und die nicht der zu regelnden Größe entsprechen, eingesetzt werden kann.

[0012] Gemäß einer ersten Lösung enthält die erfindungsgemäße Vorrichtung entsprechend den aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wenigstens ein erstes und ein zweites Sensormittel, mit denen jeweils Messwerte für eine erste physikalische Größe ermittelt werden. D. h. die erfindungsgemäße Vorrichtung weist zur Erfassung der ersten physikalischen Größe wenigstens zwei redundante Sensoren auf. Das erste und das zweite Sensormittel bilden zusammen eine erste Sensorgruppe. Ferner weist die erfindungsgemäße Vorrichtung Bereitstellungsmittel auf, mit denen die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte aufbereitet und wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln zugeführt werden. In den wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln wird zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, ein Vergleich durchgeführt. Hierzu werden die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen.

[0013] Um die geforderte Zuverlässigkeit für die Überwachung der Sensormittel zu erreichen, ist auch eine redundante Auslegung der Bereitstellungsmittel dergestalt erforderlich, dass jeweils eines dieser Bereitstellungsmittel einem der Auswertemittel zugeordnet ist. Mit anderen Worten: Ausgehend von den Sensormitteln, über die Bereitstellungsmittel, bis hin zu den Auswertemitteln sind zwei redundante Pfade vorhanden, was gemäß des Standes der Technik nicht der Fall ist. Diese beiden redundanten Pfade arbeiten unabhängig voneinander und sind Teil eines eigensicheren Sensordesigns. Diese redundante Auslegung der Pfade beinhaltet selbstverständlich auch, dass die mit den zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte jedem der redundanten Bereitstellungsmittel und somit auch jedem der redundanten Auswertemittel zugeführt wird.

[0014] Das Vorhandensein zweier redundanter Pfade hat gegenüber dem Stand der Technik folgenden Vorteil: Fällt ein Teil eines Pfades aus, dann steht immer noch ein zweiter kompletter Pfad zur Verfügung. In solch einem Fall kann eine Regelvorrichtung immer noch in einem reduzierten Umfang betrieben werden und muss nicht gleich vollständig abgeschaltet werden.

[0015] Bei der technischen Realisierung haben sich zwei vorteilhafte Konzepte herausgestellt. Bei einem ersten Konzept sind die Auswertemittel baulich und funktionell separat von einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung im Fahrzeug angeordnet. Dadurch ist eine größtmögliche Flexibilität geboten. Die Auswertemittel können beispielsweise in ein Sensormodul eingefügt werden.

[0016] In diesem Fall weisen die wenigstens zwei redundanten Bereitstellungsmittel jeweils ein Abtast-Halte-Glied und/oder einen Multiplexer und/oder einen Analog-Digital-Wandler auf. Die Auswertemittel erzeugen Signale, die dem jeweils zugeordneten Bereitstellungsmittel zu dessen Ansteuerung zugeführt werden. Dabei werden die Bereitstellungsmittel dergestalt angesteuert, dass die zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte zeitsynchron eingelesen und die aufbereiteten Messwerte zeitsynchron den Auswertemitteln zugeführt werden.

[0017] Bei einem zweiten Konzept sind die Auswertemittel baulich oder funktionell in einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung enthalten. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass für die Realisierung der Auswertemittel keine eigenständigen Bauteile benötigt werden. Vielmehr können die Auswertemittel unter Verwendung von Komponenten der Regelungsvorrichtung realisiert werden.

[0018] In diesem Fall weisen die wenigstens zwei redundanten Bereitstellungsmittel jeweils ein Abtast-Halte-Glied und/oder einen Multiplexer und/oder einen Analog-Digital-Wandler und ein Rechnermittel auf. Die Rechnermittel erzeugen Signale, die jeweils dem dem Rechnermittel zugeordneten Abtast-Halte-Glied und/oder Multiplexer und/oder Analog-Digital-Wandler zugeführt werden. Dabei werden diese Komponenten dergestalt angesteuert, dass die zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte zeitsynchron eingelesen und die aufbereiteten Messwerte zeitsynchron den Auswertemitteln oder Rechnermitteln zugeführt werden.

[0019] Sowohl im ersten als auch im zweiten Konzept sind das Abtast-Halte-Glied, der Multiplexer und der Analog-Digital-Wandler in Reihe geschaltet. D. h. der Multiplexer ist dem Abtast-Halte-Glied nachgeschaltet und der Analog-Digital-Wandler ist dem Multiplexer nachgeschaltet.

[0020] Sollen mit Hilfe der Sensoren sich schnell ändernde Größen erfasst werden, tritt folgendes Problem auf: Werden die mit Hilfe der Sensormittel zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte nicht zeitsynchron, d. h. nicht zeitgleich, sondern mit einem zeitlichen Versatz zueinander ausgewertet, dann können aufgrund der starken Dynamik der zu messenden Größe Abweichungen zwischen den Messwerten des ersten und des zweiten Sensormittels auftreten, und es würde bei der Verwendung von kleinen Schwellen bzw. Toleranzen auf Vorliegen eines Sensorfehlers erkannt, obwohl in Realität beide Sensormittel nicht fehlerhaft sind.

[0021] Zur Lösung dieses Problems ist in beiden Konzepten vorgesehen, dass mit Hilfe der Bereitstellungsmittel die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte den Auswertemitteln zeitsynchron zur Auswertung zugeführt werden. Dadurch wird erreicht, dass die mit den ersten Sensormitteln ermittelten Messwerte und die mit den zweiten Sensormitteln ermittelten Messwerte in den Auswertemitteln zeitsynchron, d. h. zum gleichen Verarbeitungszeitpunkt, der beispielsweise über ein Taktsignal definiert wird, ausgewertet werden können. Folglich werden die vorstehend beschriebenen Abweichungen zwischen den Messwerten der beiden Sensormittel, die vor allem bei sich schnell ändernden Signalen aufgrund der großen Dynamik der Messwerte und einer nicht zeitsynchronen Verarbeitung auftreten würden, vermieden.

[0022] An dieser Stelle sei auf die Bedeutung des Begriffes "zeitsynchron" eingegangen: Die in den Auswertemitteln stattfindende Auswertung erfolgt taktgesteuert. D. h. zu bestimmten, durch einen ersten Takt vorgegebenen Zeitpunkten werden die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen. Demzufolge sollten, zur Vermeidung von Fehlern, die mit dem ersten und dem zweiten Sensormittel zu einem ersten Zeitpunkt gleichzeitig ermittelten Messwerte zu einem zweiten Zeitpunkt zeitgleich in den Auswertemitteln ausgewertet werden. Um dies sicherzustellen, werden die Sensormittel und die Bereitstellungsmittel mit einem zweiten, höheren Takt betrieben. Dadurch erreicht man, dass die zu dem ersten Zeitpunkt gleichzeitig ermittelten Messwerte zeitgleich in den Auswerte-

mitteln ausgewertet werden können, auch wenn es in den Bereitstellungsmitteln eventuell zu kleineren Zeitverschiebungen bei der Bearbeitung der Messwerte kommt. Solange diese kleineren Zeitverschiebungen kleiner sind als der durch den ersten Takt vorgegebene zeitliche Abstand, wird sichergestellt, dass diese Zeitverschiebungen nicht zu solch einer Zeitverschiebung in den Auswertemitteln führen, die wiederum zu einem Fehler in der Auswertung führt.

- 5 **[0023]** Zur Realisierung der vorstehend beschriebenen Forderung der Zeitsynchronität erzeugen die Auswertemittel oder die Rechnermittel ein erstes Signal, mit dem das Abtast-Halte-Glied dergestalt angesteuert wird, dass die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln erzeugten Messwerte zeitsynchron, insbesondere zu einem ersten Zeitpunkt, eingelesen und zwischengespeichert werden. Alternativ oder ergänzend erzeugen die Auswertemittel oder die Rechnermittel ein zweites Signal, mit dem der Multiplexer und/oder der Analog-Digital-Wandler dergestalt angesteuert werden, dass die Messwerte, insbesondere die in den Abtast-Halte-Gliedern zwischengespeicherten Messwerte, zeitsynchron, insbesondere zu einem zweiten Zeitpunkt, in den Multiplexer eingelesen und von ihm weitergegeben und/oder in den Analog-Digital-Wandler eingelesen und dort gewandelt werden, und die gewandelten Messwerte somit zeitsynchron den Auswertemitteln oder Rechnermitteln zugeführt werden. Wie bereits oben ausgeführt, sind dem ersten Konzept die Auswertemittel und dem zweiten Konzept die Rechnermittel zuzuordnen.
- 15 **[0024]** Bei den zukünftig in Fahrzeugen eingesetzten Vorrichtungen kann nicht nur eine, sondern es können mehrere verschiedene physikalische Größen geregelt werden, wobei jede für sich eine die Fahrzeugbewegung beschreibende Größe darstellt. Bei einer Fahrdynamikregelung sind dies beispielsweise die Gierrate und der Schwimmwinkel. Außerdem ist es bei diesen zukünftig eingesetzten Vorrichtungen erforderlich, zusätzlich die Eingangsgrößen, die nicht der zu regelnden Größe entsprechen, ebenfalls mit der für die zu regelnde Größe geforderten Zuverlässigkeit zu überwachen. Folglich sind im Fahrzeug weitere, aus wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensormittel bestehende Sensorgruppen vorhanden. Dabei werden mit den zu einer der weiteren Sensorgruppen gehörenden Sensormitteln Messwerte für weitere physikalische Größen ermittelt, wobei sich diese weiteren physikalischen Größen sowohl untereinander als auch von der ersten physikalischen Größe unterscheiden.
- 20 **[0025]** Beispielsweise können folgende Sensorgruppen in einem Fahrzeug vorhanden sein:
- 25 Eine erste Sensorgruppe, wobei es sich bei den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln um einen ersten und einen zweiten Drehratensensor zur Erfassung der Drehbewegung des Fahrzeuges um dessen Hochachse handelt, und/oder eine zweite Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Drehratensensor zur Erfassung der Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Längsachse besteht, und/oder
- 30 eine dritte Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Drehratensensor zur Erfassung der Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Querachse besteht, und/oder eine vierte Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Beschleunigungssensor zur Erfassung der Querbewegung des Fahrzeuges besteht, und/oder eine fünfte Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Beschleunigungssensor zur Erfassung der Längsbewegung des Fahrzeuges besteht, und/oder
- 35 eine sechste Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Beschleunigungssensor zur Erfassung der Vertikalbewegung des Fahrzeuges besteht, und/oder eine siebte Sensorgruppe, die aus einem ersten und einem zweiten Sensormittel zur Erfassung des Lenkwinkels oder des Lenkwinkels der Räder besteht.
- 40 **[0026]** Damit die in den Abtast-Halte-Gliedern zwischengespeicherten Messwerte zeitsynchron im Analog-Digital-Wandler verarbeitet werden können, wird der Multiplexer dergestalt angesteuert, dass die mit den zu der jeweiligen Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte paarweise dem Analog-Digital-Wandler zugeführt werden. **[0027]** Vorteilhafterweise wird zur Durchführung des Vergleiches wenigstens eine Abweichungsgröße ermittelt, die die Abweichung zwischen den Messwerten des ersten Sensormittels und den Messwerten des zweiten Sensormittels beschreibt. Diese Abweichungsgröße wird mit einem zugehörigen Schwellenwert verglichen, wobei ein Sensorfehler dann vorliegt, wenn die Abweichungsgröße größer als der zugehörige Schwellenwert ist. Bei der Abweichungsgröße handelt es sich beispielsweise um eine Differenzgröße, die die Differenz zwischen den Messwerten der beiden Sensormittel beschreibt, oder um eine Quotientengröße, die das Verhältnis zwischen den Messwerten der beiden Sensormittel beschreibt. Die Verwendung der Differenzgröße hat zudem den Vorteil, dass eventuell vorhandene Offsets in den Sensorsignalen weitestgehend eliminiert werden.
- 50 **[0028]** Bei der ersten physikalischen Größe handelt es sich um eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe, die einer steer-by-wire Regelungsvorrichtung als Eingangsgröße zugeführt wird. Für diesen Fall wird der Schwellenwert vorteilhafterweise wie folgt ermittelt: Der Schwellenwert wird in Abhängigkeit eines Wertes für den maximal zulässigen Spurversatz ermittelt, den das Fahrzeug bei Auftreten eines Fehlers bei einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel aufweisen darf, und der zu keiner nennenswerten Abweichung zwischen dem vom Fahrer gewünschten Kurs und dem vom Fahrzeug tatsächlich gefahrenen Kurs führt. Bei der ersten physikalischen Größe kann es sich um die Querbewegung oder die Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges oder den Lenkwinkel oder den Lenkwinkel handeln.
- 55 **[0029]** Wie oben dargestellt, führt ein nicht kompensierter Sensorfehler bei einem steer-by-wire-System dazu, dass ausgehend von dem gemessenen Signal, welches aufgrund des Sensorfehlers verfälscht ist und somit die tatsächlich vorliegende Situation, d. h. die Fahrzeugsituation, nicht richtig wiedergibt, Ansteuersignale für die dem System zugeordneten Aktuatoren ermittelt werden. In Abhängigkeit dieser Ansteuersignale werden die Aktuatoren betätigt und die Fahrzeugbewegung beeinflusst, obwohl gar keine Beeinflussung der Fahrzeugbewegung erforderlich wäre. Diese aufgrund eines nicht kompensierten Sensorfehlers fälschlicherweise vorgenommene Beeinflussung der Fahrzeugbewegung führt zu einem Spur- und somit einem Querversatz des Fahrzeuges, den der Fahrer kompensieren muß, damit das Fahrzeug dem von ihm gewünschten Kurs folgt. Der maximal zulässige Spurversatz wird bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung so gewählt, dass dieser zu keiner nennenswerten Abweichung von dem vom Fahrer gewünschten Kurs führt, und der Fahrer somit eine nur geringfügige Kompensation vornehmen muss.
- 60
- 65

[0030] Bei den physikalischen Größen, die mit den Sensormitteln erfaßt werden, handelt es sich um Größen, die die Fahrzeugbewegung beschreiben. D. h. diesen Größen ist zum einen eine Information darüber, in welcher Richtung die Bewegung des Fahrzeuges und zum anderen eine Information darüber, mit welcher Stärke diese Bewegung erfolgt, zu entnehmen. Bei diesen Größen handelt es sich teilweise um vektorielle Größen, wie die Längs- oder die Quer- oder die Vertikalbeschleunigung. Oder es handelt sich um Größen, die eine Drehbewegung des Fahrzeuges beschreiben, wie beispielsweise die Gierbewegung des Fahrzeuges um seine Hochachse oder die Wankbewegung des Fahrzeuges um seine Längsachse oder die Nickbewegung des Fahrzeuges um seine Querachse. Es handelt sich aber auch um Größen, die den Lenkradwinkel oder den an den lenkbaren Rädern eingestellten Lenkwinkel beschreiben, wobei auch diese Größen eine Drehbewegung beschreiben. Die Größen, die eine Drehbewegung beschreiben, enthalten ebenfalls eine Information über die Richtung und die Stärke der Bewegung, d. h. der Drehbewegung. Vor diesem Hintergrund muss es sich bei den zu der jeweiligen Sensorgruppe gehörenden ersten und zweiten Sensormitteln um solche Sensormittel handeln, mit denen die physikalischen Größen nach Betrag, d. h. nach Stärke der Bewegung, und nach Vorzeichen, d. h. nach Richtung der Bewegung, erfasst werden. Als Vorteil hat sich dabei erwiesen, dass die ersten und zweiten Sensormittel einer Sensorgruppe im Fahrzeug so angeordnet sind, dass die jeweils mit ihnen für eine physikalische Größe ermittelten Messwerte gleichen Betrag aber inverses Vorzeichen aufweisen. Durch diese Maßnahme können gleichgerichtete Fehler, sogenannte Common-Mode-Fehler, die sowohl bei den Messwerten des ersten Sensormittels als auch bei den Messwerten des zweiten Sensormittels auftreten, eliminiert werden. Denn bei der Verarbeitung der Messwerte, die aus einer Addition mit anschließender Mittelwertbildung besteht, eliminieren sich diese gleichgerichteten Fehler.

[0031] Bzgl. der Anordnung des ersten und des zweiten Sensormittels im Fahrzeug kann zusammenfassend festgehalten werden: Die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel sind komplementär zueinander angeordnet. D. h. die Vorzugsachsen bzw. Meßachsen der beiden Sensormittel, bzgl. der die Messung erfolgt, sind um  $180^\circ$  zueinander versetzt ausgerichtet.

[0032] Vorteilhafterweise sind die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel jeweils zu einer baulichen Einheit, einem sogenannten Sensormodul, zusammengefasst. Diese bauliche Einheit ist an einem Ort des Fahrzeuges angebracht. Diese Zusammenfassung zu einer baulichen Einheit hat folgende Vorteile: Wenn die redundanten Sensoren in einem Sensormodul zusammengefasst sind, braucht der Einfluss von Einbauwinkel Fehlern der Sensoren im Fahrzeug bei der Überwachung nicht berücksichtigt zu werden.

[0033] Es ist auch denkbar, mehrere verschiedene Sensorgruppen, mit denen verschiedene physikalische Größen ermittelt werden, zu einem Sensormodul zusammenzufassen. Dies und auch die vorstehend erwähnte Zusammenfassung der zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel zu einem Sensormodul ist vor allem für die im Rahmen der Regelung eingesetzten Beschleunigungssensoren von Vorteil: Sind die zu einer Sensorgruppe gehörenden ersten und zweiten Beschleunigungssensoren an verschiedenen Orten im Fahrzeug eingebaut, so unterscheiden sich die mit ihnen jeweils ermittelten Messwerte, da diese in Abhängigkeit des Einbauortes unterschiedliche Anteile enthalten, die auf die Drehbewegung des Fahrzeuges zurückgehen. Sollen die mit den zu einer Sensorgruppe gehörenden Beschleunigungssensoren ermittelten Messwerte miteinander verglichen werden, ist folglich eine Transformation der Messwerte erforderlich, in die der Abstand zwischen den beiden Einbauorten der Beschleunigungssensoren, die resultierende Winkelgeschwindigkeit, die resultierende Winkelbeschleunigung und verschiedene Einflüsse der Fahrzeugstruktur – beispielsweise Schwingungen der Karosserie, die an unterschiedlichen Orten des Fahrzeuges unterschiedlich sein können – eingehen. Um zum einen diese aufwendige Transformation – bei der eventuell Transformationsfehlern auftreten können – zu vermeiden und zum anderen den Einfluss der Fahrzeugschwingungen so gering wie möglich zu halten, ist erfindungsgemäß der Einsatz eines Sensormoduls vorgesehen, in dem die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel zusammengefügt sind.

[0034] Vorteilhafterweise werden die gewandelten Messwerte, bevor sie den Auswertemitteln zugeführt und dort ausgewertet werden, in den Rechnermitteln gefiltert und/oder aufbereitet. Bei entsprechender Dimensionierung der Filtermittel wird mit der Filterung eine zeitliche Mittelwertbildung erreicht. Durch die Verwendung der Mittelwerte der mit den Sensormitteln ermittelten Messwerte, wird der Einfluss eines möglichen Fehlers halbiert, wodurch der Schwellenwert für die Überwachung verdoppelt werden kann. Dadurch können die Anforderungen an die Fertigung der Sensormittel reduziert werden.

[0035] Die vorstehend aufgeführte Filterung und/oder Aufbereitung kann in den Auswertemitteln selbst oder in den in den Bereitstellungsmitteln enthaltenen Rechnermitteln stattfinden, je nachdem, welches der eingangs erwähnten Konzepte verfolgt wird.

[0036] Ebenfalls ist es beim ersten Konzept vorteilhaft, wenn die in den Auswertemitteln gefilterten und/oder aufbereiteten Messwerte und/oder die Ergebnisse des Vergleichs über ein Bussystem der Regelungsvorrichtung zugeführt werden. Beim zweiten Konzept ist es gleichfalls vorteilhaft, wenn die in den Rechnermitteln gefilterten oder aufbereiteten Messwerte über ein Bussystem den in der Regelungsvorrichtung enthaltenen Auswertemitteln zugeführt werden. Als Bussystem oder Datenbus kann beispielsweise ein CAN-Bus verwendet werden. Die Verwendung eines Datenbusses anstelle einer analogen Datenleitung hat den Vorteil, dass die übertragenen Messwerte nicht aufgrund von EMV-Störungen verfälscht werden, was bei einer analogen Übertragung der Fall sein kann. Dadurch wird die Qualität der Überwachung der Sensormittel gesteigert, denn es kann auf kleinere Fehler hin überwacht werden. Außerdem können verschiedene Überwachungen durchgeführt werden. So kann beispielsweise mit Hilfe eines Botschaftszählers überprüft werden, ob überhaupt Daten übertragen werden. Oder es können mit Hilfe einer Cross-Check-Auswertung Bitfehler erkannt werden.

[0037] Weiterhin ist es vorteilhaft, dass zumindest ein Teil der auf das Bussystem ausgegebenen Messwerte wieder in die Auswertemittel oder in die Rechnermittel eingelesen und einer Plausibilitätsprüfung unterzogen wird. Dadurch besteht die Möglichkeit, Fehler, die bei der Ausgabe der Messwerte auftreten können, zu erkennen.

[0038] Ebenso ist es von Vorteil, wenn sich die wenigstens zwei redundanten Auswertemittel gegenseitig überwachen. Dadurch kann ein eventuell fehlerhaftes Auswertemittel erkannt, und der zugehörige Pfad deaktiviert werden.

[0039] Ein weiterer Vorteil ergibt sich daraus, dass für jedes Auswertemittel eine eigene Spannungsversorgung vorgesehen ist.

[0040] Weiter ist es von Vorteil, wenn der Schwellenwert in Abhängigkeit von einer die Geschwindigkeit des Fahrzeu-

ges beschreibenden Größe ermittelt wird. Dadurch kann der Schwellenwert an die Fahrzeuggeschwindigkeit beispielsweise dergestalt angepasst werden, dass mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit der Schwellenwert verkleinert wird. Für den Fall, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht zur Verfügung steht, kann der Schwellenwert alternativ in Abhängigkeit der Giergeschwindigkeit ermittelt und/oder beeinflusst werden.

- 5 **[0041]** Eine zweite eigenständige und im Vergleich zu der ersten gleichberechtigte Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist folgende: Die Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wobei es sich um wenigstens ein erstes und ein zweites Sensormittel handelt, die zusammen eine erste Sensorgruppe bilden, und mit denen jeweils Messwerte für eine erste physikalische Größe ermittelt werden, weist folgende Mittel auf: Bereitstellungsmittel, mit denen die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte Auswertemitteln zugeführt werden. In den Auswertemitteln wird, zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens
- 10 einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, ein Vergleich durchgeführt, bei dem die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen werden. Um die geforderte Zuverlässigkeit für die Überwachung der Sensormittel zu erreichen, werden mit Hilfe der Bereitstellungsmittel die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte den Auswertemitteln
- 15 zeitsynchron zur Auswertung zugeführt.

**[0042]** An dieser Stelle sei auf folgendes hingewiesen: Weitere Ausgestaltungen dieser zweiten Lösung ergeben sich aus einer Kombination des im Anspruch 24 enthaltenen Gegenstand mit den Gegenständen der Unteransprüche, die auf Anspruch 1 direkt oder indirekt rückbezogen sind.

- [0043]** Eine dritte Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe besteht in einem Sensormodul, welches mindestens ein erstes und ein zweites Sensormittel enthält, die zusammen eine erste Sensorgruppe bilden, wobei mit den ersten und den zweiten Sensormitteln jeweils Messwerte für eine erste physikalische Größe ermittelt werden. Die physikalische Größe wird mit den ersten und den zweiten Sensormitteln nach Betrag und Vorzeichen erfasst. Die ersten und die zweiten Sensormittel sind in dem Sensormodul so angeordnet, dass die jeweils ermittelten Messwerte gleichen Betrag aber inverses Vorzeichen aufweisen. Dadurch lassen sich zum einen Common-Mode-Fehler, Schwingungsfehler und
- 20 Transformationsfehler eliminieren.

**[0044]** Wie den vorstehenden Ausführungen zu entnehmen ist, wird die erfindungsgemäße Vorrichtung vorteilhafterweise in einem drive-by-wire-System oder einem steer-by-wire-System oder einem brake-by-wire-System verwendet, d. h. eingesetzt, da die erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung von Sensormitteln die Anforderungen an die Genauigkeit, die Zuverlässigkeit und die geforderte minimale Erkennungszeit bei der Fehlererkennung erfüllt, die bei solchen Systemen gefordert sind. Dies gilt sowohl für die erste Lösung als auch für die zweite Lösung.

- [0045]** An dieser Stelle sei bemerkt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung nicht nur bei steer-by-wire- oder drive-by-wire- oder brake-by-wire-Systemen zum Einsatz kommen kann. Vielmehr kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch in zukünftig eingesetzten Vorrichtungen zur Regelung der Fahrdynamik eines Fahrzeuges (ESP-System), bei denen nicht nur in Grenzsituationen, bei denen eine hinreichend große Abweichung zwischen dem Istwert und dem Sollwert der
- 30 Gierate vorliegt, Eingriffe an den Bremsen und/oder am Motor des Fahrzeuges vorgenommen werden, sondern unabhängig von der Größe dieser Abweichung permanent Eingriffe ausgeführt werden. Bei solch einer zukünftig eingesetzten Vorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Giergeschwindigkeitsregelung handeln, die mittels eines steer-by-wire-Systems ausgeführt wird.

- [0046]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen können der Beschreibung und der Zeichnung entnommen werden. Es sollen auch die vorteilhaften Ausgestaltungen einbezogen sein, die sich aus einer beliebigen Kombination der Unteransprüche ergeben.

**[0047]** An dieser Stelle sei auf die Bedeutung des Begriffes "redundant" eingegangen: Eine Auslegung ist dann redundant, wenn eine Komponente zahlenmäßig öfter vorhanden ist, als es für die Realisierung der eigentlichen Funktion, erforderlich wäre.

- 45 **[0048]** Das Ausführungsbeispiel wird nachstehend anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

**[0049]** Fig. 1a eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem ersten Konzept in Form eines Blockschaltbildes,

**[0050]** Fig. 1b eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem zweiten Konzept in Form eines Blockschaltbildes,

- 50 **[0051]** Fig. 2 ein Ablaufschema, welches in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung der im Fahrzeug angeordneten Sensormittel abläuft.

- [0052]** Zunächst soll auf den theoretischen Hintergrund der erfindungsgemäßen Vorrichtung eingegangen werden, mit der eine eigensichere Sensorik, insbesondere für steer-by-wire- oder drive-by-wire- oder brake-by-wire-Systeme geschaffen wird. Die vorstehend aufgeführten einzelnen Systeme werden nachfolgend mit x-by-wire-Systemen umfassend bezeichnet.

- [0053]** Herkömmliche Vorrichtungen zur Regelung einer die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibenden Größe, wie beispielsweise eine Gierraten- oder Fahrdynamikregelung (ESP), die Eingriffe an den Bremsen oder dem Motor durchführen, werden erst bei Überschreiten von Anregelschwellen aktiv. Sensorfehler die kleiner als diese Anregelschwellen sind wirken sich nicht aus. Bei x-by-wire-Systemen, wie beispielsweise einer Giergeschwindigkeitsregelung, die mittels eines steer-by-wire-Systems ausgeführt wird, führen fehlerhafte Sensorsignale beispielsweise für den Lenkradwinkel oder die Giergeschwindigkeit oder die Querbeschleunigung unmittelbar zu einer Abweichung vom Sollkurs. Für solche Systeme ist eine hochgenaue; zuverlässige und unmittelbare Fehlererkennung notwendig.

- [0054]** Vor diesem Hintergrund muss die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu realisierende Sensor-Fehlererkennung in der Lage sein, die aus Systemsicht notwendigen Überwachungsschwellen und Fehlererkennungszeiten zu realisieren.

**[0055]** Zur Erfüllung der vorstehenden Anforderungen werden die Schwellenwerte für die Sensorüberwachung definiert. Dann wird das Sensorkonzept bzw. das Sensordesign sowie die Sensorspezifikation und die Einbausituation festgelegt.

[0056] Wie bereits oben ausgeführt, ist zur Festlegung der einzelnen Schwellenwerte für die Sensorgruppen der zulässige Spurversatz infolge eines Sensorfehlers relevant. Besonders kritisch sind dabei sprungartige Sensorfehler. Deshalb wird der Querversatz aufgrund eines sprungartiger Fehlers betrachtet. Näherungsweise können dabei folgende Betrachtungen angestellt werden:

$$\dot{\Delta y} = v_x \cdot \dot{\Delta \psi} \quad 5$$

$$\Delta y = v_x \cdot \int \dot{\Delta \psi} \cdot dt$$

$$\Delta \psi = \int \dot{\Delta \psi} \cdot dt \quad 10$$

$$\Delta y = v_x \cdot \int \int \dot{\Delta \psi} \cdot dt = \frac{1}{2} \cdot v_x \cdot \dot{\Delta \psi} \cdot T^2 \quad (1) \quad 15$$

[0057] Dabei ist  $\Delta y$  der Querversatz des Fahrzeuges,  $v_x$  die Fahrzeuggeschwindigkeit in Längsrichtung,  $T$  die Zeit,  $\dot{\Delta \psi}$  der Sprung in der Giergeschwindigkeit und  $\Delta \psi$  die Änderung des Gierwinkels in Folge des Sprunges in der Giergeschwindigkeit. Die mit einem Punkt dargestellten Größen stellen die jeweiligen zeitlichen Ableitungen dar.

[0058] Ausgehend von Gleichung (1) kann der maximal zulässige Sensorfehler und somit der Schwellenwert für die Sensormittel, mit denen die Giergeschwindigkeit und somit eine Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Hochachse ermittelt wird, wie folgt festgelegt werden: 20

$$\dot{\Delta \psi}_{\text{zulässig}} = \text{Min} \left[ \frac{2 \cdot \Delta y}{v_x \cdot T^2}; K1 \right] = \text{Min} \left[ \frac{K0}{v_x}; K1 \right] \quad \text{mit} \quad K0 = \frac{2 \Delta y}{T^2}, \quad (2) \quad 25$$

wobei  $K1$  ein Begrenzungswert ist. D. h. der Schwellenwert wird in Abhängigkeit des Quer- oder Spurversatzes, der Fahrzeuggeschwindigkeit und einer Zeitgröße ermittelt. Bei den Sensormitteln handelt es sich um Drehratensensoren, deren Messachse in Richtung der Hochachse des Fahrzeuges orientiert ist.

[0059] Mit der Beziehung 30

$$\dot{\psi} = \frac{a_y}{v_x},$$

die für den stationären Fall gilt, und aus der  $\Delta a_y = \dot{\Delta \psi} \cdot v_x$  folgt, kann unter Verwendung von Gleichung (1) der maximal zulässige Sensorfehler und somit der Schwellenwert für die Querbeschleunigungssensoren wie folgt festgelegt werden: 35

$$\Delta a_{y\text{zulässig}} = \text{Min} \left[ \frac{2 \cdot \Delta y}{T^2}; K2 \right], \quad (3) \quad 40$$

wobei  $K2$  ein Begrenzungswert ist. D. h. der Schwellenwert wird in Abhängigkeit des Quer- oder Spurversatzes und einer Zeitgröße ermittelt.

[0060] Für die Sensormittel, mit denen der Lenkradwinkel oder der Lenkwinkel ermittelt wird, lässt sich der maximal zulässige Sensorfehler und somit der Schwellenwert nach folgendem Ansatz ermitteln: 45

[0061] Im stationären Zustand gilt die Beziehung

$$\dot{\psi} = \frac{\delta \cdot v_x}{i \cdot l \cdot \left(1 + \frac{v_x^2}{v_{ch}^2}\right)}, \quad 50$$

die auch als Ackermann-Beziehung bezeichnet wird. Dabei ist  $\delta$  der Lenkradwinkel,  $i$  die Lenkübersetzung,  $l$  der Radstand und  $v_{ch}$  eine charakteristische Geschwindigkeit.

[0062] Aus dieser Beziehung ergibt sich der Schwellenwert zu 55

$$\dot{\delta}_{\text{zulässig}} = \text{Min} \left[ \frac{2 \cdot \Delta y \cdot i \cdot l}{T^2} \cdot \left( \frac{1}{v_x^2} + \frac{1}{v_{ch}^2} \right); K3 \right], \quad (4) \quad 60$$

wobei  $K3$  ein Begrenzungswert ist. D. h. der Schwellenwert wird in Abhängigkeit des Quer- oder Spurversatzes, der Lenkübersetzung, des Radstandes, einer Zeitgröße, der Fahrzeuggeschwindigkeit und der charakteristischen Geschwindigkeit ermittelt.

[0063] Für die Sensormittel, mit denen die Wank- oder die Nickbewegung oder die Längs- oder die Vertikalbeschleunigung des Fahrzeuges ermittelt wird, können die Schwellenwerte in entsprechender Weise festgelegt werden. In diesen Fällen müssen unter Umständen anstelle des maximal zulässigen Querversatzes des Fahrzeuges andere Größen als Ausgangspunkt verwendet werden. 65

[0064] Falls die Fahrzeuggeschwindigkeit nicht bekannt ist, können die Schwellenwerte auch abhängig von der Gier-

geschwindigkeit formuliert werden. Hierbei geht man von der im stationären Zustand geltenden Beziehung

$$v_x = \frac{ay}{\dot{\psi}_{ist}}$$

raus, wobei angenommen wird, dass die Querbeschleunigung  $ay$  kleiner oder höchstens gleich der maximal möglichen Querbeschleunigung ist.

[0065] Somit ergibt sich für die Sensormittel zur Erfassung der Giergeschwindigkeit der Schwellenwert zu

$$\Delta \dot{\psi}_{zulässig} = \text{Min} \left[ \frac{2 \cdot \Delta y}{ay_{\max} \cdot T^2} \cdot \dot{\psi}_{ist}; K1 \right] \quad (2'')$$

und für die Sensormittel zur Erfassung des Lenkwinkels oder des Lenkradwinkels zu

$$\Delta \delta_{zulässig} = \text{Min} \left[ \frac{2 \cdot \Delta y \cdot i \cdot l}{T^2} \cdot \left( \frac{\dot{\psi}_{ist}^2}{ay_{\max}^2} + \frac{1}{v_{ch}^2} \right); K3 \right] \quad (4'').$$

[0066] In einem weiteren Schritt wird nach Festlegung der Schwellenwerte das Sensordesign bzw. das Sensorkonzept festgelegt.

[0067] Wie oben bereits ausgeführt, müssen bei x-by-wire-Systemen schon kleinste Sensorfehler unmittelbar erkannt werden. Dies ist durch eine modellgestützte Sensorüberwachung nicht realisierbar, da diese aufgrund der Modellberechnungen zu langsam und nicht genau genug wäre. Diese Anforderung kann jedoch mittels redundant ausgelegter Sensorik erfüllt werden. Deshalb sind für jede Messgröße zwei redundante Sensoren vorgesehen. Bei den Messgrößen handelt es sich beispielsweise um die Quer-, die Längs- und die Vertikalbeschleunigung, sowie um die Giergeschwindigkeit, die eine Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Hochachse beschreibt, um die Wankgeschwindigkeit, die eine Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Längsachse beschreibt und um die Nickgeschwindigkeit, die eine Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Querachse beschreibt. Ferner handelt es sich um den Lenkradwinkel oder um den Lenkwinkel.

[0068] Ferner muss gefordert werden, dass die redundanten Sensorsignale zum selben Messzeitpunkt erfasst werden müssen, damit bei sich schnell ändernden Signalen die Sensorüberwachung nicht versehentlich anspricht.

[0069] Außerdem sollten Common-Mode-Fehler, die bei beiden Sensormitteln einer Sensorgruppe auftreten, unterdrückt werden. Hierzu ist eine separate Spannungsversorgung und Auswertelektronik für jeden der redundanten Sensoren erforderlich. Außerdem müssen die beiden zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel mit unterschiedlicher Orientierung im Fahrzeug angeordnet werden. Es sind aber auch andere Möglichkeiten zur Kompensation von Common-Mode-Fehlern denkbar. Bei Drehratensensoren können solche Fehler beispielsweise auch dadurch unterdrückt bzw. kompensiert werden, dass die verwendeten redundanten Sensoren, nach unterschiedlichen Messprinzipien arbeiten. So würde es sich anbieten, gleichzeitig einen ersten Drehratensensor, der auf dem Prinzip von schwingenden Masseelementen beruht, und einen zweiten Drehratensensor, der auf dem faseroptischen Prinzip beruht, einzusetzen.

[0070] Um darüber hinaus eine zuverlässige Signalübertragung zwischen den Sensormitteln und den im Steuergerät angesiedelten Auswertemitteln zu gewährleisten, wird anstelle einer analogen Datenleitung ein Datenbus, beispielsweise ein CAN-Bus eingesetzt. Um die Funktion der Datenübertragung und somit des Datenbusses überprüfen zu können, kann zum einen ein sogenannter Botschaftszähler eingesetzt werden, mit dem festgestellt werden kann, ob die Ausgabe der Messwerte auf den Datenbus störungsfrei erfolgt. Zum anderen können neben den eigentlichen Messwerten zusätzliche redundante, vorbestimmte Informationen auf den Datenbus mit ausgegeben werden, die beim Empfänger, zur Beurteilung der Funktion der Datenübertragung, ausgewertet werden.

[0071] Die mit Hilfe einer redundanten Sensorik erzielbare Genauigkeit bei der Überwachung der Sensormittel hängt auch von der Genauigkeit der Einzelsensoren ab, die zur Realisierung der redundanten Sensorik verwendet werden. Im einzelnen müssen folgende Einflüsse auf die Messgenauigkeit der Einzelsensoren berücksichtigt werden:

- Der Offset des Sensors, bei dem es sich um einen abgleichenbaren konstanten Wert handelt. Solch ein Offsetwert kann auf verschiedene Art und Weise ermittelt werden. Beispielsweise wird der Offsetwert für den Gierratensensor bei Fahrtbeginn, d. h. zu dem Zeitpunkt "Zündung ein", oder in einem Zustand Fahrzeugstillstand, der beispielsweise in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit detektiert werden kann, ermittelt. Bei Längs- und/oder Querbeschleunigungssensoren bietet es sich an, den Offsetwert über einen Langzeitabgleich zu ermitteln. Dieser wird vorteilhafterweise auch bei Fahrtbeginn durchgeführt. Der so ermittelte Offsetwert wird in einem geeigneten Speichermittel, beispielsweise einem EEPROM, eingeschrieben. Dieser gespeicherte Wert muss folglich nicht für jeden Startvorgang neu ermittelt werden. Eine erneute Abspeicherung wäre erst wieder erforderlich, wenn sich der Offset in einem starken Maße geändert hat. Die Ermittlung des Offsetwertes für den Gierratensensor kann alternativ auch mit Hilfe eines Langzeitabgleichs durchgeführt werden. Der im Falle des Offsets des Sensors betrachtete Fehler wird als Offsetfehler bezeichnet.
- Die Linearität des Sensors, bei der es sich um einen nicht abgleichenbaren konstanten Wert handelt. Der in diesem Zusammenhang betrachtete Fehler wird als Linearitätsfehler bezeichnet.
- Die Empfindlichkeit des Sensors. Hierbei handelt es sich um einen prozentualen Fehler, der vom Istwert des Sensorsignals abhängt. Der in diesem Zusammenhang betrachtete Fehler wird als Empfindlichkeitsfehler bezeichnet.
- Das Übersprechen des Sensors. Darunter ist folgendes zu verstehen: Ein Giergeschwindigkeitssensor sollte so im



Fahrzeug eingebaut werden, dass seine Messachse exakt parallel zur Hochachse des Fahrzeuges ausgerichtet ist. Aufgrund von Einbautoleranzen wird die parallele Ausrichtung für gewöhnlich nicht ganz erreicht, d. h. die Messachse des Giergeschwindigkeitssensors weist einen Winkelfehler auf. Dieser Winkelfehler führt dazu, dass beispielsweise bei einem Fahrmanöver, bei dem Kraftkomponenten parallel zur Querachse des Fahrzeuges auftreten, der Giergeschwindigkeitssensor Messwerte liefert, obwohl keine Giergeschwindigkeit vorliegt, d. h. es wird eine Wankwinkelgeschwindigkeit auf die Giergeschwindigkeit eingekoppelt. Dieses, im Rahmen der erfindungsgemäßen Vorrichtung als Übersprechen bezeichnete Phänomen, tritt auch bei Beschleunigungssensoren auf. Der betrachtete Fehler wird als Übersprechensfehler bezeichnet.

- Die g-Empfindlichkeit: Hierbei handelt es sich um die Verfälschung des Messsignals aufgrund des Einflusses einer auf den Sensor einwirkenden Beschleunigung, die nicht der Größe entspricht, die mit Hilfe des Sensors erfasst werden soll. Der in diesem Zusammenhang betrachtete Fehler wird als g-Empfindlichkeitsfehler bezeichnet.
- Die Dynamik des Sensors. Darunter ist zu verstehen, dass der Sensor eine gewisse Totphase hat, die vergeht, bis am Ausgang des Sensors das Signal nach Einwirken des äußeren Einflusses anliegt. Der in diesem Zusammenhang betrachtete Fehler wird als Dynamikfehler bezeichnet.
- Einbauwinkel im Fahrzeug. D. h. der im Fahrzeug eingebaute Sensor ist leicht verkippt eingebaut, wodurch ein Winkelfehler der Messachse zustande kommt. Der in diesem Zusammenhang betrachtete Fehler wird als Winkelfehler bezeichnet.
- Die Karosserie des Fahrzeuges führt translatorische und/oder rotatorische Strukturschwingungen durch, die von Ort zu Ort der Karosserie verschieden sein können. Diese Strukturschwingungen führen zu Anteilen in den Sensorsignalen und somit in den mit Hilfe der Sensormittel ermittelten Messwerten. Werden beispielsweise die zu einer Sensorgruppe gehörenden redundante Sensormittel an unterschiedlichen Orten der Karosserie angebracht, so enthalten die mit diesen Sensormitteln ermittelten Messwerte unterschiedliche von den Strukturschwingungen herrührende Anteile. Insofern sind diese Schwingungsfehler zu berücksichtigen. Diese Schwingungsfehler brauchen nicht berücksichtigt zu werden, wenn die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel am selben Einbauort angebracht sind.
- Werden die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel an unterschiedlichen Einbauorten eingebaut, so müssen die mit diesen Sensormitteln ermittelten Messwerte einer Transformation unterzogen werden, damit sie miteinander verglichen werden können. Bei diesen Transformationen können Transformationsfehler auftreten, die berücksichtigt werden müssen. Für den Fall, dass die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel am selben Einbauort angebracht werden, brauchen keine Transformationsfehler berücksichtigt zu werden.

[0072] Die maximale Abweichung des mit Hilfe des Sensormittels ermittelten Messwertes von der Messgröße entspricht der Summe der oben aufgeführten Einflüsse.

Maximaler Messfehler = Offsetfehler

- + Linearitätsfehler
- + Empfindlichkeitsfehler
- + Übersprechensfehler
- + g-Empfindlichkeitsfehler
- + Dynamikfehler
- + Winkelfehler
- + Schwingungsfehler
- + Transformationsfehler.

[0073] Da die Sensorüberwachung mittels zweier redundanter Sensoren durchgeführt wird, sind die hergeleiteten Schwellen zu verdoppeln.

[0074] Um die geforderte Überwachungsgenauigkeit zu erreichen, muss der Einfluss der einzelnen Messfehler möglichst gering sein. Dies wird durch folgende Maßnahmen erreicht:

- Es wird der Mittelwert der mittels der Sensormittel ermittelten Messwerte verwendet. Dadurch wird der Einfluss eines möglichen Fehlers halbiert, wodurch der Schwellenwert verdoppelt werden kann.
- Durch einen Abgleich, der vorzugsweise zu dem Zeitpunkt der Betätigung der Zündung mittels des Zündschlüssels ausgeführt wird, kann der Einfluss des Offsets stark reduziert werden.
- Die Empfindlichkeit wird durch eine Aufweitung des Schwellenwertes in Abhängigkeit vom Messwert berücksichtigt. Beispielsweise wird der Schwellenwert in Abhängigkeit von der Querschleunigung modifiziert.
- Auch die g-Empfindlichkeit wird durch eine Aufweitung der Schwellenwertes berücksichtigt.
- Die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel werden in einem Sensormodul untergebracht. Dadurch wird der Einfluss von Einbauwinkelfehler der Sensoren im Fahrzeug eliminiert. Außerdem müssen keine Schwingungsfehler und auch keine Transformationsfehler berücksichtigt werden.
- Kompensation der Relativwinkel der zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel durch zusätzliche Messung der Störgrößen. Dies kann für die Beschleunigungssensoren und für die Sensoren mit denen die Giergeschwindigkeit oder die Wankbewegung oder die Nickbewegung des Fahrzeuges erfasst wird, durchgeführt werden.

[0075] Nachfolgend wird auf die einzelnen Figuren eingegangen.

[0076] In Fig. 1a ist der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem ersten Konzept dargestellt. Bei diesem Konzept sind die Auswertemittel 110 und 111 baulich und funktionell separat von einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung 117 im Fahrzeug angeordnet sind.

[0077] Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist verschiedene Sensorgruppen auf, die jeweils aus einem ersten und einem zweiten Sensormittel bestehen. Es handelt sich hierbei um:

[0078] Eine Sensorgruppe 101, die aus den Sensormitteln 101a und 101b besteht. Bei diesen Sensormitteln handelt es

sich um Längsbeschleunigungssensoren. Die mit dem ersten Sensormittel 101a ermittelten Messwerte ax1 werden den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 1 zugeführt. Entsprechend werden die mit dem zweiten Sensormittel 101b ermittelten Messwerte ax2 den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 2 zugeführt.

- 5 [0079] Eine Sensorgruppe 102, die aus den Sensormitteln 102a und 102b besteht. Bei diesen Sensormitteln handelt es sich um Querbeschleunigungssensoren. Die mit dem ersten Sensormittel 102a ermittelten Messwerte ay1 werden den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 3 zugeführt. Entsprechend werden die mit dem zweiten Sensormittel 102b ermittelten Messwerte ay2 den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 4 zugeführt.
- 10 [0080] Eine Sensorgruppe 103, die aus den Sensormitteln 103a und 103b besteht. Bei diesen Sensormitteln handelt es sich um Vertikalbeschleunigungssensoren. Die mit dem ersten Sensormittel 103a ermittelten Messwerte az1 werden den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 5 zugeführt. Entsprechend werden die mit dem zweiten Sensormittel 103b ermittelten Messwerte az2 den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 6 zugeführt.
- 15 [0081] Eine Sensorgruppe 104, die aus den Sensormitteln 104a und 104b besteht. Bei diesen Sensormitteln handelt es sich um Giergeschwindigkeitssensoren, mit denen die Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Hochachse erfasst wird. Die mit dem ersten Sensormittel 104a ermittelten Messwerte psi1 werden den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 7 zugeführt.
- [0082] Entsprechend werden die mit dem zweiten Sensormittel 104b ermittelten Messwerte psi2 den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 8 zugeführt.
- 20 [0083] Eine Sensorgruppe 105, die aus den Sensormitteln 105a und 105b besteht. Bei diesen Sensormitteln handelt es sich um Sensoren zur Erfassung des Lenkwinkels oder des Lenkradwinkels. Die mit dem ersten Sensormittel 105a ermittelten Messwerte LW1 werden den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 9 zugeführt. Entsprechend werden die mit dem zweiten Sensormittel 105b ermittelten Messwerte LW2 den beiden Bereitstellungsmitteln 108 und 109 über den Eingang 10 zugeführt.
- 25 [0084] In Fig. 1 wurde der Übersichtlichkeit halber auf die Darstellung der Sensorgruppen zur Erfassung der Nickbewegung und der Wankbewegung des Fahrzeuges verzichtet. Die Darstellung verschiedener Sensorgruppen in Fig. 1 ist nicht so zu verstehen, dass ausschließlich diese Kombination von Sensorgruppen in einem Fahrzeug angeordnet sein können. Im Fahrzeug kann eine beliebige Untermenge der in Fig. 1 dargestellten Sensorgruppen eingebaut sein. Ferner soll die Darstellung in Fig. 1 nicht so verstanden werden, dass ausschließlich die Sensorgruppe 101 der ersten Sensorgruppe entspricht. Als erste Sensorgruppe kommen beispielsweise die Sensorgruppen 104 oder 102 oder 105 in Frage.
- 30 [0085] Die Bereitstellungsmittel 108 bestehen aus einem Abtast-Halte-Glied 108a, einem nachgeschalteten Multiplexer 108b und einem wiederum nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler 108c. Die den Bereitstellungsmitteln 108 zugeführten Messwerte werden in das Abtast-Halte-Glied 108a eingelesen und dort zwischengespeichert. Der Zeitpunkt zu dem die Daten Datal vom Abtast-Halte-Glied 108a an den Multiplexer 108b weitergegeben werden, wird durch das von einem ODER-Gatter 108d erzeugte Signal W bestimmt. Zur Bestimmung des Signals W werden dem ODER-Gatter 108d von einem Auswertemittel 110 ein Signal SM und von einem Auswertemittel 111 ein Signal SMB zugeführt. Bei den beiden redundanten Auswertemitteln handelt es sich jeweils um einen Mikrocontroller.
- 35 [0086] Der Multiplexer 108b hat die Aufgabe, die mit den zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte zeitsynchron dem Analog-Digital-Wandler 108c zuzuführen. Die Ansteuerung des Multiplexers 108b hierzu erfolgt über die Signale Controll, die den Bereitstellungsmitteln 108 von den Auswertemitteln 110 zugeführt werden. Mit Hilfe der Signale Controll wird ebenfalls der Analog-Digital-Wandler 108c angesteuert, und somit eine zeitsynchrone Wandlung der Messwerte sichergestellt. Die gewandelten Messwerte werden als Signale Data1 von den Bereitstellungsmitteln 108 an die Auswertemittel 110 ausgegeben. Mit anderen Worten: Mit Hilfe der Signale Controll wird die Datenanforderung realisiert. Außerdem wird über die Signale Controll den Bereitstellungsmitteln 108 die Temperatur mitgeteilt, die dann bei den in den Bereitstellungsmitteln ablaufenden Prozessen berücksichtigt wird.
- 40 [0087] An dieser Stelle sei bemerkt, dass die Bereitstellungsmittel nicht unbedingt über ein Abtast-Halte-Glied verfügen müssen. Auf dieses kann verzichtet werden, wenn der eingesetzte Multiplexer schnell genug ist und/oder für jedes Sensormittel ein eigener Analog-Digital-Wandler vorgesehen ist.
- 45 [0088] In den Auswertemitteln 110 werden die gewandelten Messwerte Data1 zunächst gefiltert, wodurch eine Mittelwertbildung vorgenommen wird. Die so aufbereiteten Messwerte werden anschließend in den Auswertemitteln 110 dahingehend ausgewertet, ob ein Sensorfehler vorliegt oder nicht. Das Ergebnis dieser Überwachung wird zusammen mit den aufbereiteten Messwerten als Signale D1 einem CAN-Interface 112 zugeführt. Ausgehend von diesem CAN-Interface werden die in ihm erzeugten Daten D1' einem CAN-Bus 116 zugeführt. Im CAN-Interface 112 werden die Daten D1 in die Daten D1' umgewandelt, die die für den CAN-Bus erforderlichen Protokollanforderungen erfüllen.
- 50 [0089] An dieser Stelle sei bemerkt, dass alternativ zu einem CAN-Bus auch ein TTP-Bussystem (TimeTriggeredProtocol-Bussystem; fehlertolerant), eine Ethernet-Verbindung, ein optischer Datenbus oder ein nach dem Flexray-Standard arbeitendes Übertragungssystem eingesetzt werden kann.
- 55 [0090] Die Bereitstellungsmittel 109 sind bis auf das fehlende ODER-Gatter identisch zu den Bereitstellungsmitteln 108 aufgebaut, d. h. sie enthalten ebenfalls ein Abtast-Halte-Glied 109a, einen nachgeschalteten Multiplexer 109b und einen wiederum nachgeschalteten Analog-Digital-Wandler 109c. Die Funktionen dieser Komponenten sind den Funktionen der entsprechenden Komponenten der Bereitstellungsmittel 108 identisch. Das Abtast-Halte-Glied 109a wird über das in den Auswertemitteln 111 erzeugte Signal SMB angesteuert. Der Multiplexer 109b und der Analog-Digital-Wandler 109c werden über die Signale Control2 von den Auswertemitteln 111 aus angesteuert. Die gewandelten Messwerte werden als Signale Data2 von den Bereitstellungsmitteln 109 an die Auswertemittel 111 ausgegeben.
- 60 [0091] An dieser Stelle sei bemerkt, dass durch die Signale SM und SMB sowie Controll1 und Control2 die Bereitstellungsmittel 108 und 109 synchronisiert werden.
- 65 [0092] Entsprechend den Auswertemitteln 110 werden in den Auswertemitteln 111 die gewandelten Messwerte Data2

zunächst gefiltert. Die so aufbereiteten Messwerte werden anschließend ausgewertet. Das Ergebnis dieser Überwachung wird zusammen mit den aufbereiteten Messwerten als Signale D2 einem CAN-Interface 115 zugeführt. Die in diesem CAN-Interface erzeugten Daten D2' werden ebenfalls dem CAN-Bus 116 zugeführt.

[0093] Über die Signale Cross check können sich die beiden Auswertemittel 110 und 111 gegenseitig überprüfen bzw. überwachen. Zum einen können sie feststellen, ob die in ihnen verarbeiteten Messwerte identisch sind. Zum anderen können sie gegenseitig feststellen, ob das andere Auswertemittel noch arbeitet.

[0094] Wie Fig. 1a zeigt, werden ausgehend von den CAN-Interfaces 112 und 115 auch Daten in die Auswertemittel 110 und 111 zurückgelesen. Dadurch können die CAN-Interfaces durch die Auswertemittel überprüft werden.

[0095] Der CAN-Bus 116 leitet die Signale D1' und D2', die zu den Signalen D zusammengefasst sind, einer Regelungsvorrichtung 117 zu. Somit liegen der Regelungsvorrichtung die Messwerte und das Ergebnis der Überwachung der Sensormittel vor. Bei der Regelungsvorrichtung 117 handelt es sich beispielsweise um ein drive-by-wire-System oder um ein steer-by-wire-System oder um ein brake-by-wire-System oder um eine Fahrdynamikregelung, bei der die Regelung der Giergeschwindigkeit zumindest durch Lenkeingriffe vorgenommen wird. Entsprechend dem in ihr abgelegten Regelalgorithmus erzeugt die Regelungsvorrichtung Signale S1, die einer ihr zugeordneten Aktuatorik 118 zugeführt werden. Durch entsprechende Ansteuerung der Aktuatorik wird die zu regelnde Größe eingestellt. Die Regelungsvorrichtung erhält über die Signale S2 eine Rückmeldung über den jeweiligen Zustand der Aktuatorik.

[0096] In Abhängigkeit des Ergebnisses der in den Auswertemitteln 110 und 111 stattfindenden Überwachung der Sensorik, d. h. in Abhängigkeit der Schwere eines vorliegenden Sensorfehlers, wird die in der Regelungsvorrichtung ablaufende Regelung entweder teilweise oder komplett abgeschaltet.

[0097] Der Darstellung in Fig. 1a entnimmt man, dass es sich bei dem aus den Komponenten 109, 111 und 115 gebildeten Pfad um den Hauptpfad handelt, der aus den Komponenten 108, 110 und 112 bestehende Pfad stellt dagegen einen Notpfad dar.

[0098] In Fig. 1a sind zwei Temperatursensoren 106 und 107 dargestellt. Die mit dem Temperatursensor 106 erzeugten Messwerte werden den Auswertemitteln 110 zugeführt, die mit dem Temperatursensor 107 erzeugten Messwerte werden den Auswertemitteln 111 zugeführt. Mit Hilfe dieser Messwerte können beide Auswertemittel eventuell auftretende temperaturbedingte Drifts in den mit den Sensormitteln ermittelten Messwerten kompensieren.

[0099] Im Folgenden wird auf Fig. 1b eingegangen, in der der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach dem zweiten Konzept dargestellt ist. Bei diesem Konzept sind die Auswertemittel baulich oder funktionell in einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung enthalten.

[0100] Die in Fig. 1b dargestellte Vorrichtung ist bzgl. der Sensormittel 101 bis 105 und bzgl. der Komponenten 106, 107, 108, 109, 112, 115, 116 und 118 identisch zu der in Fig. 1a dargestellten aufgebaut. Die vorstehend aufgeführten Komponenten haben sowohl in der in Fig. 1a als auch in der in Fig. 1b dargestellten Vorrichtung dieselbe Funktion, weswegen auf diese Komponenten und deren Funktion im Zusammenhang mit Fig. 1b nicht mehr eingegangen wird.

[0101] Im Unterschied zu der in Fig. 1a dargestellten Vorrichtung enthält die Vorrichtung gemäß Fig. 1b zum einen Rechermittel 110\*, die zusammen mit den Komponenten 108 Bereitstellungsmittel 119 bilden. Zum anderen enthält die Vorrichtung Rechermittel 111\*, die zusammen mit den Komponenten 109 Bereitstellungsmittel 120 bilden. Die Bereitstellungsmittel 119 bzw. 120 haben die Aufgabe, die mit Hilfe der Sensormittel ermittelten Messwerte den dem jeweiligen Bereitstellungsmittel zugeordneten Auswertemitteln 117a bzw. 117b, die beide in der Regelungsvorrichtung enthalten sind, zuzuführen.

[0102] In den Rechermitteln 110\* werden die gewandelten Messwerte Datal zumindest gefiltert, wodurch eine Mittelwertbildung vorgenommen wird. Die so aufbereiteten Messwerte D1\* werden über ein CAN-Interface 112 als Daten D1\* in einen CAN-Bus 116 eingespeist. In den Rechermitteln 111\* werden die gewandelten Messwerte Data2 gefiltert, wodurch eine Mittelwertbildung vorgenommen wird. Die so aufbereiteten Messwerte D2\* werden über ein CAN-Interface 115 als Daten D2\* in einen CAN-Bus 116 eingespeist.

[0103] Der CAN-Bus 116 leitet die Signale D1\* und D2\*, die zu den Signalen D\* zusammengefasst sind, den Auswertemitteln 117a und 117b zu. In diesen Auswertemitteln wird die eigentliche Überwachung der Sensormittel durchgeführt. Die Auswertemittel geben das Ergebnis der Überwachung an die Regelungsvorrichtung 117 weiter.

[0104] Wie bereits ausgeführt werden die Abtast-Halte-Glieder, die Multiplexer und die Analog-Digital-Wandler so angesteuert, dass die Messwerte den Auswertemitteln zeitsynchron zugeführt werden. Darüber hinaus ist auch durch entsprechende konstruktive Maßnahmen sichergestellt, dass es durch die im Aufbau vorhandenen Leitungen zu keinen nennenswerten Laufzeitunterschieden zwischen den Messwerten der zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln kommt.

[0105] Im folgenden wird auf Fig. 2 eingegangen, in der mit Hilfe eines Flussdiagramms der Ablauf der erfindungsgemäßen Überwachung der Sensormittel dargestellt ist. Die in Fig. 2 dargestellten Schritte laufen im Wesentlichen in den in Fig. 1a dargestellten Blöcken 110 und 111 bzw. in den in Fig. 1b dargestellten Blöcken 117a und 117b ab.

[0106] Das erfindungsgemäße Verfahren beginnt mit einem Schritt 201, an den sich ein Schritt 202 anschließt. In dem Schritt 202 wird die Summe der Messwerte ermittelt, die zu dem Zeitpunkt vorliegen, bei dem der Zündschlüssel gedreht wird. Da die Sensormittel so angeordnet sind, dass sie die physikalischen Größen mit gleichem Betrag aber inversem Vorzeichen erfassen, wird bei der Summenbildung im eigentlichen Sinne eine Differenz gebildet. Mit Hilfe dieser Summe wird der Offset der Sensormittel ermittelt, und kann somit bei den nachfolgenden Vergleichen zur Überwachung der Sensormittel kompensiert werden.

[0107] In einem anschließenden Schritt 203 wird der eigentliche Vergleich zur Überwachung der zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel durchgeführt. Hierzu wird die Summe aus den mit dem ersten Sensormittel ermittelten Messwerten und den mit dem zweiten Sensormittel ermittelten Messwerten gebildet, wobei es sich, wie oben erwähnt, um eine Differenzbildung handelt. Diese Summe wird mit einem Schwellenwert verglichen. Bei dem Schwellenwert handelt es sich um die mit den Gleichungen 2, 3, 4, 2' bzw. 4' dargestellten, je nachdem, welche zu einer Sensorgruppe gehörenden Sensormittel überwacht werden. Ist die Summe größer als der jeweilige Schwellenwert, so liegt ein Sensorfehler vor. Im Schritt 203 können verschiedene Einzelüberwachungen stattfinden. Für gewöhnlich wird für jeden Re-

chenzyklus eine Summe gebildet und somit eine Überwachung durchgeführt. Es kann aber auch eine Langzeitüberwachung durchgeführt werden, bei der Sensorfehler aufgrund der Temperaturdrift des Sensormittels ermittelt wird. Hierzu wird die Summe aus einem aktuell vorliegenden Messwert und einem Messwert gebildet, der beispielsweise beim Start des Fahrzeuges vorlag. Die Betrachtung bzgl. Temperaturdrift kann beispielsweise für die Zeitdauer der jeweiligen Fahrt

- 5 oder für die gesamte Lebensdauer eines Sensormittels angestellt werden.  
 [0108] Wird im Schritt 203 festgestellt, dass kein Sensorfehler vorliegt, so wird zu einem Schritt 204 verzweigt, in welchem die eigentliche x-by-wire-Regelung stattfindet. Durch den Rücksprung von Schritt 204 auf Schritt 202 wird angedeutet, dass die Überwachung der Sensormittel permanent erfolgt.  
 [0109] Wird dagegen im Schritt 203 festgestellt, dass ein Sensorfehler vorliegt, so wird an Schritt 205 verzweigt. Im Schritt 205 wird in Abhängigkeit der Schwere des aufgetretenen Fehlers entweder die x-by-wire-Regelung teilweise oder vollständig abgeschaltet. Anschließend an den Schritt 205 wird ein Schritt 206 ausgeführt, mit dem die Überwachung der Sensormittel beendet wird.  
 [0110] Abschließend sei festgehalten, dass die in den Ausführungsbeispielen gewählte Darstellung keine einschränkende Wirkung haben soll.

15

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wobei es sich um wenigstens ein erstes und ein zweites Sensormittel (101a, 101b, 102a, 102b, 103a, 103b, 104a, 104b, 105a, 105b) handelt, die zusammen eine erste Sensorgruppe (101, 102, 103, 104, 105) bilden, und mit denen jeweils Messwerte (axi, ayi, azi, psii, Lwi) für eine erste physikalische Größe ermittelt werden, wobei die Vorrichtung Bereitstellungsmittel (108, 109, 119, 120) aufweist, mit denen die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte aufbereitet und wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln (110, 111, 117a, 117b) zugeführt werden, wobei in den wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln, zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, jeweils ein Vergleich durchgeführt wird, bei dem die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um wenigstens zwei redundante Bereitstellungsmittel handelt, von denen jeweils eines einem der Auswertemittel zugeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertemittel (110, 111) baulich und funktionell separat von einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung (117) im Fahrzeug angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei redundanten Bereitstellungsmittel (108, 109) jeweils ein Abtast-Halte-Glied (108a, 109a) und/oder einen Multiplexer (108b, 109b) und/oder einen Analog-Digital-Wandler (108c, 109c) aufweisen.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertemittel (110, 111) Signale (Controll, Control2, SM, SMB) erzeugen, die dem jeweils zugeordneten Bereitstellungsmittel (108, 109) zu dessen Ansteuerung zugeführt werden, wobei die Bereitstellungsmittel dergestalt angesteuert werden, dass die zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte (axi, ayi, azi, psii, Lwi) zeitsynchron eingelesen und die aufbereiteten Messwerte (Data1, Data2) zeitsynchron den Auswertemitteln zugeführt werden.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertemittel (117a, 117b) baulich oder funktionell in einer im Fahrzeug angeordneten Regelungsvorrichtung (117) enthalten sind.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei redundanten Bereitstellungsmittel (119, 120) jeweils ein Abtast-Halte-Glied (108a, 109a) und/oder einen Multiplexer (108b, 109b) und/oder einen Analog-Digital-Wandler (108c, 109c) und ein Rechnermittel (110\*, 111\*) aufweisen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Rechnermittel (110\*, 111\*) Signale (Controll, Control2, SM, SMB) erzeugen, die jeweils dem dem Rechnermittel zugeordneten Abtast-Halte-Glied (108a, 109a) und/oder Multiplexer (108b, 109b) und/oder Analog-Digital-Wandler (108c, 109c) zugeführt werden, wobei diese Komponenten dergestalt angesteuert werden, dass die zu gleichen Zeitpunkten ermittelten Messwerte (axi, ayi, azi, psii, Lwi) zeitsynchron eingelesen und die aufbereiteten Messwerte (Data1, Data2) zeitsynchron den Auswertemitteln oder Rechnermitteln zugeführt werden.
8. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertemittel (110, 111) oder die Rechnermittel (110\*, 111\*) ein erstes Signal (SM, SMB) erzeugen, mit dem das Abtast-Halte-Glied (108a, 109a) dergestalt angesteuert wird, dass die mit den zu der ersten Sensorgruppe (101, 102, 103, 104, 105) gehörenden Sensormitteln erzeugten Messwerte (axi, ayi, azi, psii, Lwi) zeitsynchron, insbesondere zu einem ersten Zeitpunkt, eingelesen und zwischengespeichert werden, und/oder dass die Auswertemittel (110, 111) oder die Rechnermittel (110\*, 111\*) ein zweites Signal (Controll1, Control2) erzeugen, mit dem der Multiplexer (108b, 109b) und/oder der Analog-Digital-Wandler (108c, 109c) dergestalt angesteuert werden, dass die Messwerte, insbesondere die in den Abtast-Halte-Gliedern zwischengespeicherten Messwerte (Data1, Data2), zeitsynchron, insbesondere zu einem zweiten Zeitpunkt, in den Multiplexer eingelesen und von ihm weitergeben und/oder in den Analog-Digital-Wandler eingelesen und dort gewandelt werden, und die gewandelten Messwerte somit zeitsynchron den Auswertemitteln oder Rechnermitteln zugeführt werden.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass weitere, aus wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensormittel bestehende Sensorgruppen vorhanden sind, wobei mit den zu einer der weiteren Sensorgruppen gehörenden Sensormitteln Messwerte für weitere physikalische Größen ermittelt werden, wobei sich diese weiteren physikalischen Größen sowohl untereinander als auch von der ersten physikalischen Größe unterscheiden.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9 und Anspruch 3 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Multiplexer dergestalt angesteuert wird, dass die mit den zu der jeweiligen Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte

paarweise dem Analog-Digital-Wandler zugeführt werden.

11. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet,  
dass es sich bei den zu der ersten Sensorgruppe (104) gehörenden Sensormitteln um einen ersten (104a) und einen  
zweiten (104b) Drehratensensor zur Erfassung der Drehbewegung des Fahrzeuges um dessen Hochachse handelt,  
und/oder  
dass eine zweite Sensorgruppe vorhanden ist, die aus einem ersten und einem zweiten Drehratensensor zur Erfas-  
sung der Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Längsachse besteht, und/oder  
dass eine dritte Sensorgruppe vorhanden ist, die aus einem ersten und einem zweiten Drehratensensor zur Erfassung  
der Drehbewegung des Fahrzeuges um seine Querachse besteht, und/oder  
dass eine vierte Sensorgruppe (102) vorhanden ist, die aus einem ersten (102a) und einem zweiten (102b) Beschleu-  
nigungssensor zur Erfassung der Querbewegung des Fahrzeuges besteht, und/oder  
dass eine fünfte Sensorgruppe (101) vorhanden ist, die aus einem ersten (101a) und einem zweiten (101b) Beschleu-  
nigungssensor zur Erfassung der Längsbewegung des Fahrzeuges besteht, und/oder  
dass eine sechste Sensorgruppe (103) vorhanden ist, die aus einem ersten (103a) und einem zweiten (103b) Be-  
schleunigungssensor zur Erfassung der Vertikalbeschleunigung des Fahrzeuges besteht, und/oder  
dass eine siebte Sensorgruppe (105) vorhanden ist, die aus einem ersten (105a) und einem zweiten (105b) Sensor-  
mittel zur Erfassung des Lenkradwinkels oder des Lenkwinkels der Räder besteht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass zur Durchführung des Vergleiches wenigstens eine Abweichungsgröße ermittelt wird, die die Abweichung  
zwischen den Messwerten des ersten Sensormittels und den Messwerten des zweiten Sensormittels beschreibt, und  
dass diese Abweichungsgröße mit einem zugehörigen Schwellenwert verglichen wird, wobei ein Sensorfehler dann  
vorliegt, wenn die Abweichungsgröße größer als der zugehörige Schwellenwert ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet,  
dass es sich bei der ersten physikalischen Größe um eine die Querdynamik des Fahrzeuges beschreibende Größe  
(ayi, psii, Lwi) handelt, und dass diese Größe einer steer-by-wire Regelungsvorrichtung als Eingangsgröße und/  
oder Regelungsgröße zugeführt wird, und  
dass der Schwellenwert in Abhängigkeit eines Wertes für den maximal zulässigen Spurversatz ermittelt wird, den  
das Fahrzeug bei Auftreten eines Fehlers in einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel aufwei-  
sen darf.
14. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den zu der jeweiligen Sensorg-  
ruppe gehörenden ersten und zweiten Sensormitteln um solche handelt, mit denen die physikalische Größe nach Be-  
trag und Vorzeichen erfasst wird, wobei die ersten und zweiten Sensormittel im Fahrzeug so angeordnet sind, dass  
die jeweils ermittelten Messwerte gleichen Betrag aber inverses Vorzeichen aufweisen.
15. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zu einer Sensorgruppe gehörenden Sen-  
sormittel jeweils zu einer baulichen Einheit, insbesondere einem Sensormodul, zusammengefasst sind, die an einem  
Ort des Fahrzeuges angebracht ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gewandelten Messwerte (Data1, Data2), bevor  
sie in den Auswertemitteln (110, 111, 117a, 117b) ausgewertet werden, zunächst gefiltert und/oder aufbereitet wer-  
den.
17. Vorrichtung nach Anspruch 2 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterung und/oder Aufbereitung in den  
Auswertemitteln (110, 111) selbst stattfindet.
18. Vorrichtung nach Anspruch 5 und 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterung und/oder Aufbereitung in den  
in den Bereitstellungsmitteln (119, 120) enthaltenen Rechnermitteln (110\*, 111\*) stattfindet.
19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet,  
dass die in den Auswertemitteln (110, 111) gefilterten und/oder aufbereiteten Messwerte und/oder die Ergebnisse  
des Vergleichs über ein Bussystem der Regelungsvorrichtung (117) zugeführt werden, und/oder  
dass die in den Rechnermitteln (110\*, 111\*) gefilterten oder aufbereiteten Messwerte über ein Bussystem den in der  
Regelungsvorrichtung (117) enthaltenen Auswertemitteln (117a, 117b) zugeführt werden.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der auf das Bussystem ausge-  
geben Messwerte wieder in die Auswertemittel oder in die Rechnermittel eingelesen und einer Plausibilitätsprüfung  
unterzogen wird.
21. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die wenigstens zwei redundanten Auswerte-  
mittel (110, 111) gegenseitig überwachen.
22. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass für jedes Auswertemittel (110, 111) und dem ihm  
zugeordneten Bearbeitungsmittel (108, 109) eine eigene Spannungsversorgung vorgesehen ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellenwert ferner in Abhängigkeit einer  
die Geschwindigkeit des Fahrzeuges beschreibenden Größe oder einer die Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges be-  
schreibenden Größe ermittelt wird.
24. Vorrichtung zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wobei es sich um wenig-  
stens ein erstes und ein zweites Sensormittel (101a, 101b, 102a, 102b, 103a, 103b, 104a, 104b, 105a, 105b) handelt,  
die zusammen eine erste Sensorgruppe (101, 102, 103, 104, 105) bilden, und mit denen jeweils Messwerte (axi, ayi,  
azi, psii, Lwi) für eine erste physikalische Größe ermittelt werden,  
wobei die Vorrichtung Bereitstellungsmittel (108, 109, 119, 120) aufweist, mit denen die mit den zu der ersten Sen-  
sorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte Auswertemitteln (110, 111, 117a, 117b) zugeführt werden,  
wobei in den Auswertemitteln, zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens einem der zu der ersten Sen-  
sorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, ein Vergleich durchgeführt wird, bei dem die Messwerte des ersten Sen-  
sormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen werden, dadurch gekennzeichnet,  
dass mit Hilfe der Bereitstellungsmittel die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln zu glei-

chen Zeitpunkten ermittelten Messwerte den Auswertemitteln zeitsynchron zur Auswertung zugeführt werden.

25. Verfahren zur Überwachung von in einem Fahrzeug angeordneten Sensormitteln, wobei es sich um wenigstens ein erstes und ein zweites Sensormittel (101a, 101b, 102a, 102b, 103a, 103b, 104a, 104b, 105a, 105b) handelt, die zusammen eine erste Sensorgruppe (101, 102, 103, 104, 105) bilden, und mit denen jeweils Messwerte (axi, ayi, azi, psii, Lwi) für eine erste physikalische Größe ermittelt werden,

bei dem mit Hilfe von Bereitstellungsmitteln (108, 109, 119, 120) die mit den zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln ermittelten Messwerte aufbereitet und wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln (110, 111, 117a, 117b) zugeführt werden,

wobei in den wenigstens zwei redundanten Auswertemitteln, zur Erkennung eines Fehlers, der an wenigstens einem der zu der ersten Sensorgruppe gehörenden Sensormittel auftritt, jeweils ein Vergleich durchgeführt wird, bei dem die Messwerte des ersten Sensormittels mit den Messwerten des zweiten Sensormittels verglichen werden, dadurch gekennzeichnet,

dass es sich um wenigstens zwei redundante Bereitstellungsmittel handelt, von denen jeweils eines einem der Auswertemittel zugeordnet ist.

26. Verwendung der Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 24 in einem drive-by-wire-System oder einem steer-by-wire-System oder einem brake-by-wire-System.

27. Sensormodul, welches mindestens ein erstes und ein zweites Sensormittel enthält, die zusammen eine erste Sensorgruppe bilden, wobei mit den ersten und den zweiten Sensormitteln jeweils Messwerte für eine erste physikalische Größe ermittelt werden, wobei die physikalische Größe mit den ersten und den zweiten Sensormitteln nach Betrag und Vorzeichen erfasst wird, und wobei die ersten und die zweiten Sensormittel in dem Sensormodul so angeordnet sind, dass die jeweils ermittelten Messwerte gleichen Betrag aber inverses Vorzeichen aufweisen.

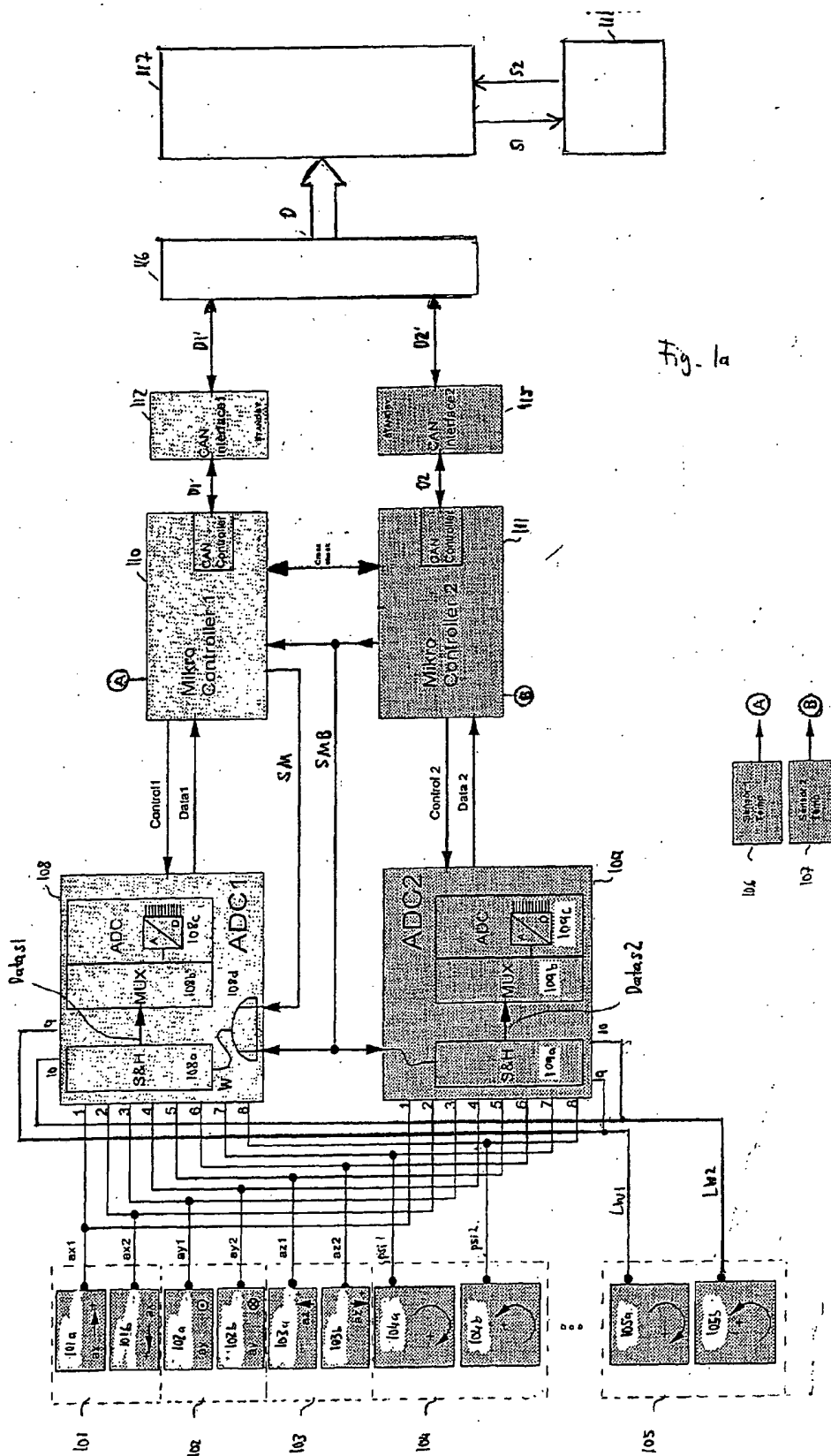
28. Sensormodul nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensormodul weitere, aus wenigstens einem ersten und einem zweiten Sensormittel bestehende Sensorgruppen enthält, wobei mit den zu einer der weiteren Sensorgruppe gehörenden Sensormitteln Messwerte für weitere physikalische Größen ermittelt werden, wobei sich diese weiteren physikalischen Größen sowohl untereinander als auch von der ersten physikalischen Größe unterscheiden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -





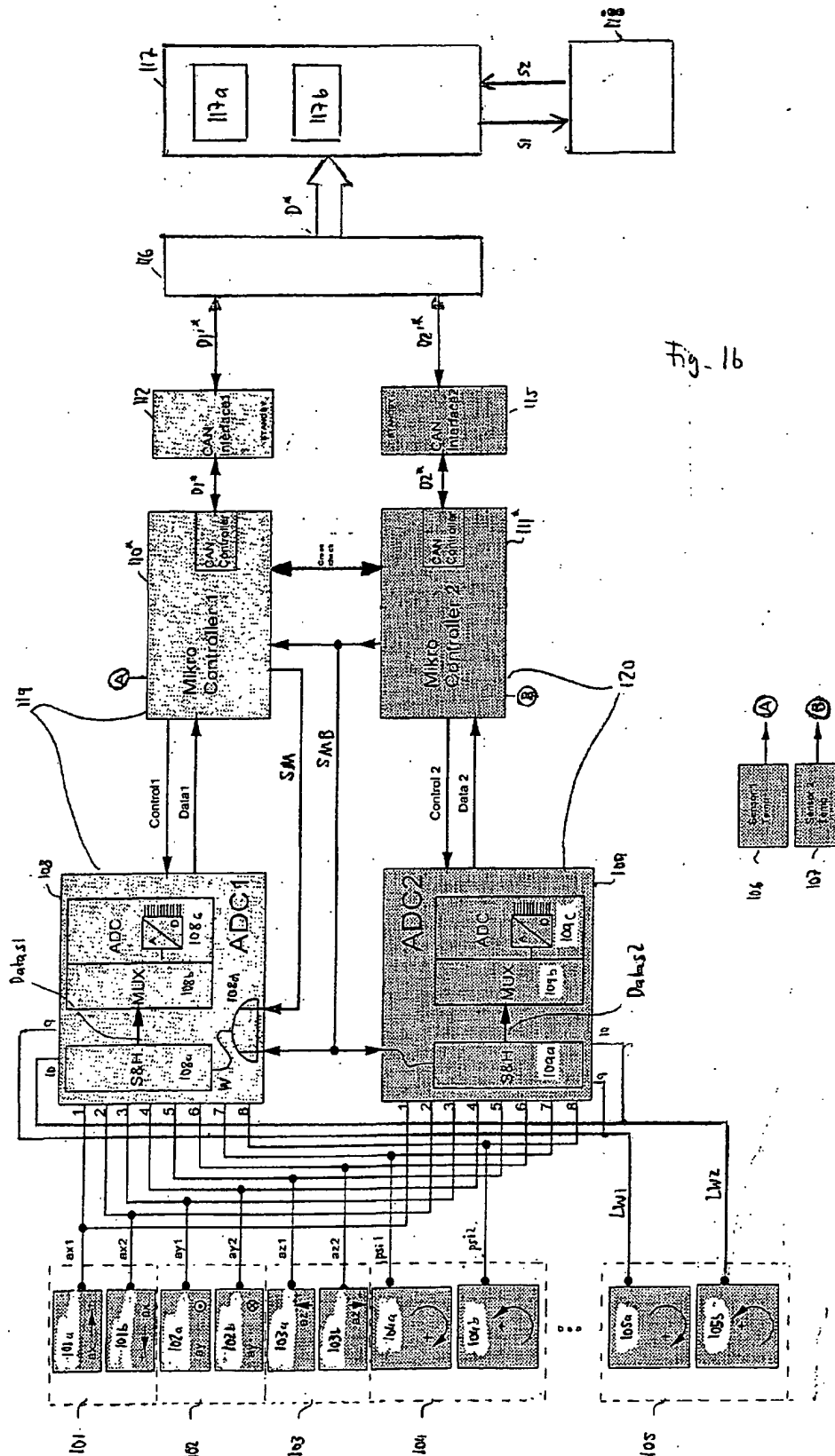
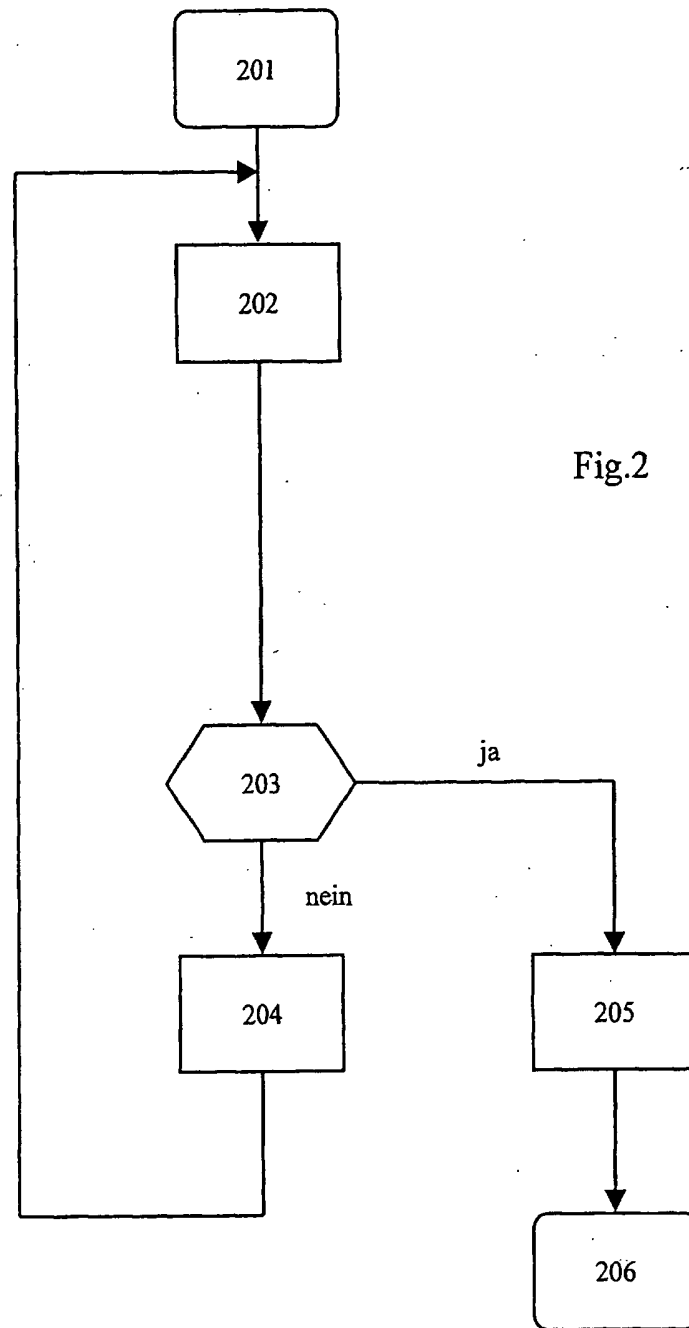
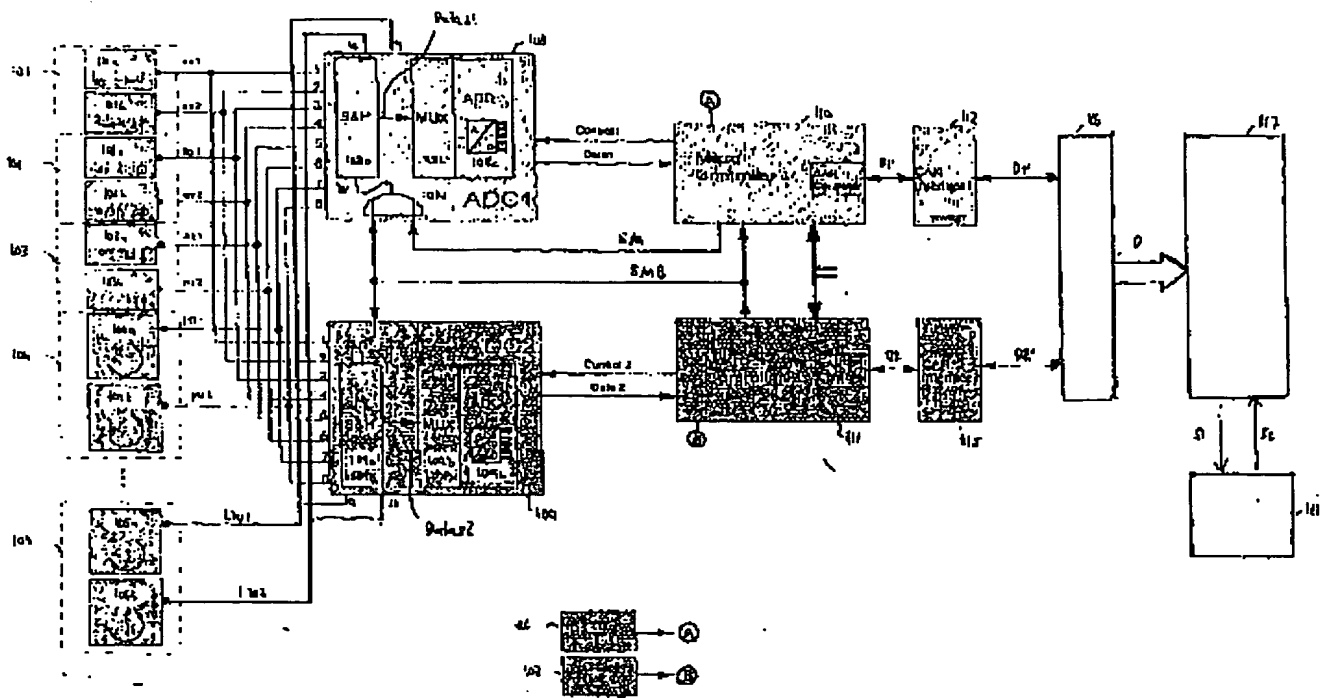


Fig. 16



AN: PAT 2002-576640  
TI: Method for monitoring sensors within a motor vehicle to ensure their correct operation using a system with a high degree of built-in redundancy to ensure that one device at each stage of a measurement chain is always working  
PN: DE10162689-A1  
PD: 18.07.2002  
AB: NOVELTY - Device for monitoring sensors within a motor vehicle with sensors combined in pairs (101a, 101b - 105a, 105b) to form sensor groups (101 - 105). The sensors provide measurement values for corresponding physical values. Redundant signal provision means (108, 109) deliver signals to two redundant analysis devices (110, 111). The analysis devices compare the measurement signals from each measurement group to detect any faults. DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is made for a method for monitoring sensors in a motor vehicle. ; USE - Method for monitoring sensors within a motor vehicle to ensure their correct operation. ADVANTAGE - A high degree of redundancy is built into the system to ensure that one device at each stage of a measurement chain is always working. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - Figure shows the design of an inventive device. sensor pairs 101a, 101b - 105a, 105b sensor groups 101 - 105 signal provision means 108, 109 analysis devices. 110, 111  
PA: (DAIM ) DAIMLERCHRYSLER AG;  
IN: BENZINGER M; FREITAG R; HUBER W; WIMMER M; WOLPERT R;  
FA: DE10162689-A1 18.07.2002; EP1349759-A1 08.10.2003; WO200255356-A1 18.07.2002;  
CO: AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; JP; LI; LU; MC; NL; PT; SE; TR; US; WO;  
DN: JP; US;  
DR: AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI; LU; MC; NL; PT; SE; TR;  
IC: B60R-016/02; B60T-008/88; G01P-009/00;  
MC: S02-J02E; S02-K09; X22-X06;  
DC: Q17; Q18; S02; X22;  
FN: 2002576640.gif  
PR: DE1001506 12.01.2001;  
FP: 18.07.2002  
UP: 30.10.2003

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**